

BACK TO THE FUTURE

Silvio Munari, professeur à l'Ecole des HEC

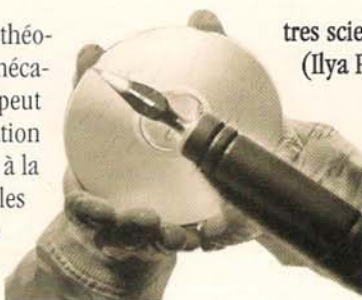
Back to the future, le titre de ce dossier très spécial nous place d'emblée dans la perspective du problème du temps. Celle-ci fait immédiatement penser aux ruptures de paradigmes auxquelles les sciences sont aujourd'hui confrontées, la physique comme les sciences sociales. Nous nous entretiendrons avec **Ludwig**, cela pourrait être Ludwig Boltzmann, le physicien autrichien ou Ludwig von Bertalanffy, le biologiste allemand de New York University.

L. Boltzmann (1844-1906) : principal créateur de la théorie cinétique des gaz qu'il élargit ensuite en une mécanique statistique. Boltzmann a soutenu qu'on ne peut pas comprendre le second principe et l'augmentation spontanée d'entropie qu'il prédit si l'on reste attaché à la description des trajectoires dynamiques individuelles (des particules). Il ne peut toutefois démontrer que l'irréversibilité joue un rôle constructif dans la nature et exige une extension de la dynamique. Il doit se résoudre à une interprétation probabiliste (distribution d'équilibre de Maxwell-Boltzmann). Ylia Prigogine (prix Nobel de chimie) trouvera les réponses dans la chimie et la physique de non-équilibre, démontrant que les processus irréversibles sont aussi réels que les processus réversibles.

L. Bertalanffy : à la fin des années 20, les intuitions de von Bertalanffy allaient fonder le paradigme systémique. Avec un économiste (K. Boulding), un physiologiste (Ralph Gerard) et un bio-mathématicien (A. Rapoport) il crée en 1953 la « Society for General Systems Research » et le Yearbook de la société « General Systems ». Elle devient l'« International Society for the Systems Sciences », aujourd'hui très active. Grinker (1967) dit de l'approche de Bertalanffy que « de toutes celles qu'on a appelé des théories globales, la seule qui ait tenu bon est celle que Bertalanffy énonça et définit en 1947 sous le titre de « General System Theory ». En Europe est implanté en 1972 à Laxenburg en Autriche l'« International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) », financé par de nombreuses associations scientifiques internationales.

SM : « Le temps, tel qu'il a été incorporé dans les lois fondamentales de la physique n'autorise aucune distinction entre le passé et le futur ; pourtant dans d'au-

tres sciences le passé et le futur jouent des rôles différents. » (Ilya Prigogine). Comment cela a-t-il été reconnu ?



Ludwig : J'ai identifié le paradoxe du temps dans la seconde moitié du XIX^e siècle, mais il a fallu attendre de nouveaux développements de la physique de non-équilibre et de la dyna-

mique des systèmes dynamiques instables associés à l'idée de chaos pour que soit révisée la notion du temps formulée depuis Galilée. La physique des processus de non-équilibre a conduit à des concepts nouveaux tels que *l'auto-organisation* et *les structures dissipatives*, qui seront largement utilisés en cosmologie, écologie, sciences sociales, chimie et biologie. Plus encore, dira Prigogine, « sans la cohérence des processus irréversibles de non-équilibre, l'apparition de la Vie sur la Terre serait inconcevable ».

SM : Comment expliquer au non-spécialiste l'une ou l'autre des différences-clé entre les approches traditionnelles et nouvelles ?

Ludwig : La science privilégiait l'ordre et la stabilité alors qu'à tous les niveaux d'observation on reconnaît désormais le rôle primordial des fluctuations et de l'instabilité. Associés à ces notions apparaissent aussi les choix multiples et les horizons de prévisibilité limités (Prigogine parlera de *possibilités* et non plus de probabilités ou de certitudes). Les conditions initiales d'un système ne peuvent expliquer les états suivants, comme



Silvio Munari



Whisper (image fractale)

cela était le cas avec les lois traditionnelles (si on connaît les conditions initiales tout est déterminé: la loi de Newton tout comme l'équation de Schrödinger sont à la fois déterministes et réversibles). En parallèle aux travaux des physiciens, le XIX^e siècle a aussi été le siècle de Darwin où il conçut la vie comme le résultat d'un processus continu d'évolution.

SM: Que s'est-il passé dans les sciences sociales ?

Ludwig: Il est apparu les sciences de la vie, du comportement, de la société. Une révolution moins visible que celle des technologies est fondée sur les développements modernes de la biologie et des sciences du comportement. Le monde vivant était considéré comme le produit du hasard. Un autre regard a émergé, le monde en tant qu'organisation. Des théories nouvelles ont émergé, parfois contradictoires, provenant de multiples disciplines: cybernétique, théorie de l'information, analyse des systèmes, recherche opérationnelle. Les bases, techniques et buts sont différents mais elles ont toutes en commun une préoccupation, celle de systèmes, d'ensembles et d'organisation. L'école de Palo Alto en psychologie étudie les interactions et la communication dans des ensembles d'individus en interaction. **La vie consiste au maintien de déséquilibres. La recherche de l'équilibre signifie la mort et la décadence.** On peut aussi parler d'entropie maximale qui sont le propre des systèmes dits fermés alors que les systèmes ouverts (vivants) y échappent.

SM: Je n'ose penser à la recherche de l'équilibre général de Pareto ?

Ludwig: Laissons aux économistes le soin de réfléchir aux découverts de Prigogine et aux instabilités des systèmes loin de l'équilibre et leur évolution par bifurcation. Cela pourrait bien changer aussi certains paradigmes.

SM: Vous avez évoqué l'idée de systèmes. Envisagez-vous des lois qui seraient susceptibles de s'appliquer de manière générale à tous types de systèmes ?

Ludwig: Il s'est développé des conceptions et des points de vue similaires dans diverses disciplines; et pourtant les développements ont été indépendants les uns des autres, basés sur des problèmes et faits différents, chacun ignorant les travaux des autres. On s'attache à des problèmes de totalité, d'organisation, à des phénomènes qui ne se réduisent pas à des événements locaux, à des interactions dynamiques, aux différences de comportement de

chaque partie d'un système prise isolément en regard du comportement du tout: « le tout a des propriétés que ne possèdent pas les parties » (Ackoff), on ne peut inférer du comportement d'une partie celle du tout. On entrevoit les problèmes de manière systémique.

SM: Vous avez dit « systématique » ?

Ludwig: Non j'ai dit « systémique », c'est-à-dire « globalement », vu comme « un tout » qui interagit avec son environnement

SM: Qu'est-ce qu'un tout ou une vue globale peut m'apporter d'intéressant en vue de connaître un système ?

Ludwig: L'approche classique consiste à séparer, découper un système en parties plus petites afin d'en comprendre les éléments composants. On répond à la question « de quoi le système est-il fait ? » Mais ce faisant on supprime les interactions et on n'est plus en mesure de comprendre le comportement du tout. A supposer qu'il s'agisse d'un système vivant, le système est mort. A l'inverse on se pose

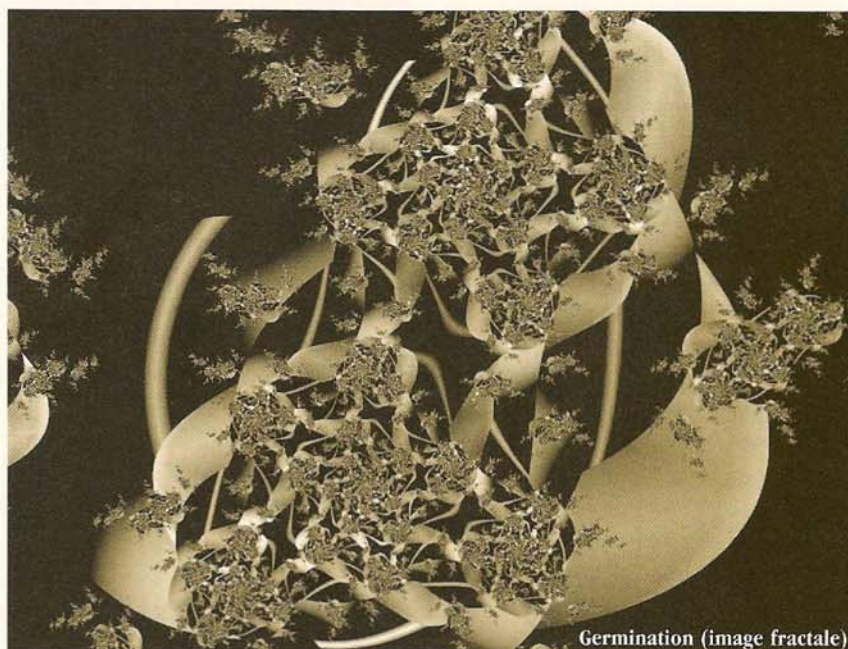
la question « que fait le système, pourquoi et comment interagit-il avec son environnement, quels sont ses différents comportements possibles, comment peut-on les influencer ? Quelle est sa finalité ? » Plus le système sera complexe et plus les tentatives de découpage seront difficiles et souvent inadéquates.

SM: Je ne comprends pas bien. Il me semble au contraire que plus le système est complexe et plus je devrais au contraire le découper pour y voir clair ?

Ludwig: Non, non, ne confondez pas complication et complexité. Si le système observé est compliqué ou très compliqué, vous aurez probablement à être analytique, car vous devez maîtriser tous les éléments du système, toutes les interrelations, en particulier si vous devez le construire, le réguler ou comprendre un dysfonctionnement. Prenez un robot. Ce n'est pas un système complexe, car on peut en dénombrer tous les composants et ses comportements sont limités aux spécifications prévues. Son système de pilotage, même très élaboré, ne peut en aucun cas le transformer.

SM: Puisqu'un robot n'est qu'un système compliqué, qu'est-ce alors qu'un système complexe ?

Ludwig: C'est un système qui comprend un très grand nombre d'éléments, dont on ne peut établir la liste exhaustive, dont on ne peut évidemment connaître toutes les interactions entre ses éléments composants et qui est capable d'évolu-



Germination (image fractale)

tion en fonction des interactions qu'il entretient avec son environnement. En d'autres termes c'est un système dynamique, imprévisible et irréversible dont on ne peut connaître que partiellement l'état à chaque instant.

SM: Eh bien, en voilà des caractéristiques, donnez-moi des exemples.

Ludwig: De nombreux systèmes naturels, tout système vivant et plus encore, tout système socio-économique ou socio-technique où se trouvent combinés et en interactions des êtres vivants et des systèmes artificiels construits par l'homme. Une organisation, une entreprise, un système économique, par exemple.

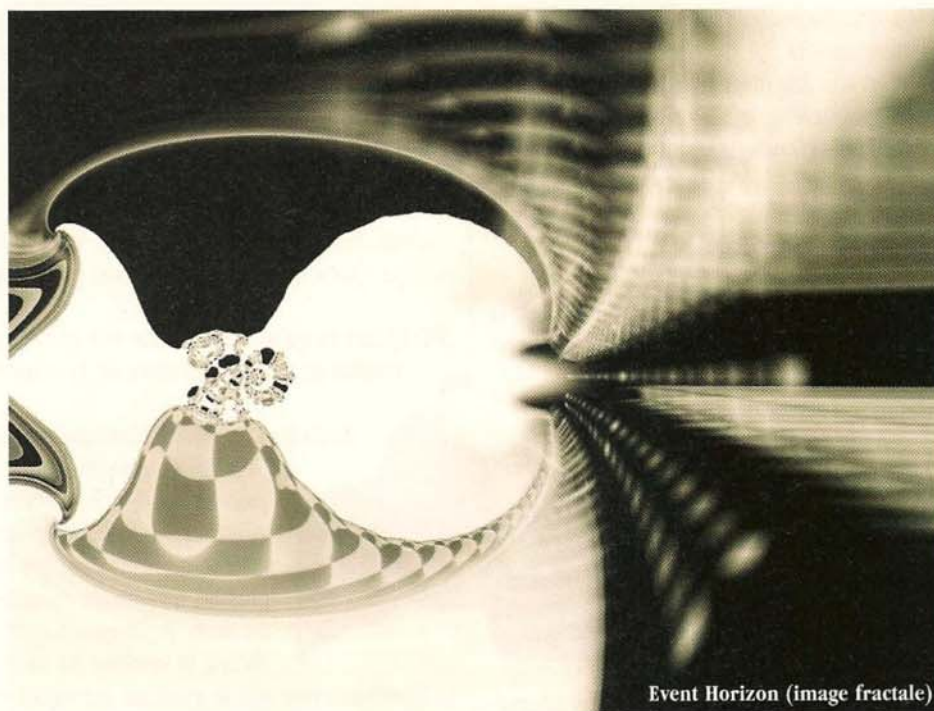
SM: Vous avez dit qu'ils sont imprévisibles. Alors à quoi bon les prévisions? Nous aimons bien prévoir et beaucoup utilisent des méthodes de prévisions.

Ludwig: C'est une question délicate qui mériterait un long développement. Pour simplifier sans être simpliste (« Keep it simple but not simpler » disait Einstein), les systèmes complexes s'étudient à partir de représentations (des modèles), destinés à en comprendre les comportements afin de pouvoir agir sur eux. Le « hic » de la modélisation est qu'un modèle dépend au moins des objectifs du (ou des) modélisateur(s), des éléments en interactions considérés et observés et des techniques de modélisation utilisées. Autant de modélisateurs, de finalités, de référentiels, autant de modèles... Il est donc toujours difficile de tirer des conclusions pertinentes en l'absence d'une claire compréhension des intentions de ceux qui modélisent.

SM: Vous n'avez pas répondu à ma question relative à l'imprévisibilité.

Ludwig: De quel horizon de prédictibilité voulez-vous parler? On sait, grâce à la physique moderne, que les états futurs d'un système ne dépendent pas des conditions initiales. Il suffit que certains événements se produisent d'un état à l'autre pour que des bifurcations aient lieu: pensez à la météo, il est rare qu'une prévision soit pertinente au-delà de quelques jours et le champ des possibles est toujours très grand. Il n'y a pas d'imprévisibilité totale mais des limites de prévisibilité.

SM: On utilise encore souvent des techniques de modélisation pertinentes pour les systèmes compliqués alors qu'on les applique à des systèmes complexes. Qu'en pensez-vous?



Event Horizon (image fractale)

Ludwig: C'est exact, car la prise en compte de l'évolution des systèmes, de leur dynamique et de leur degré de complexité est difficile et se heurte à la barrière de la variété, c'est-à-dire au nombre d'états qu'un système peut prendre. Quand plusieurs systèmes complexes interagissent, cette problématique est encore plus aiguë. Dès lors il faut trouver des moyens de réduire cette complexité. On tentera

de trouver les invariants d'un système (ses structures fondamentales), le réseau d'interactions et des variables sensibles pouvant influencer le comportement de manière appropriée. C'est souvent une tâche ardue car il faut d'abord comprendre les mécanismes essentiels des réseaux d'interaction avant de pouvoir agir avec pertinence.

Dans les systèmes complexes, les interactions ne sont pas linéaires, des réseaux sont enchevêtrés, ce qui réduit considérablement les possibilités d'utiliser de manière adéquate la modélisation formelle classique à l'aide de systèmes d'équations. « Les ensembles d'équations différentielles simultanées servant de modèle ou de définition d'un système sont, dans le cas linéaire, pénibles à résoudre, même s'il y a peu de variables; dans le cas non linéaire, hormis quelques cas particuliers, on ne sait pas les résoudre. » (L. von Bertalanffy). Grâce aux ordinateurs, la simulation a ouvert de nouvelles voies et des modèles très importants peuvent ainsi être construits et utilisés.

SM: Je reste sur ma faim car je ne vois pas quelles sont alors les techniques spécifiques qui permettraient d'aborder mieux les systèmes complexes?

Ludwig: De nouvelles méthodes sont en émergence mais peu les maîtrisent déjà car elles apparaissent dans des domaines spécifiques et ne conduisent que lentement à des changements de paradigmes hors des domaines scientifiques où elles sont nées. Il faut mentionner cependant que certains concepts sont d'ores et déjà très diffusés et qu'ils ont conduit à des raisonnements nouveaux, en particulier dans les sciences sociales: la complexité, l'auto-organisation, l'autoréférence, les typologies de flux, la dynamique chaotique, l'instabilité, par exemple.

Cependant, comme pour tout changement de paradigme, les résistances sont fortes et les pionniers sont souvent écoutés avec suspicion. Les tentatives d'application restent encore souvent confidentielles.

SM: Je peux bien imaginer les batailles que doivent se livrer les scientifiques tenant des approches classiques à ceux qui font émerger de

●● nouveaux paradigmes. Mais, *quelles conséquences ces nouvelles avancées scientifiques peuvent-elles bien avoir sur la conduite des entreprises ?*

Ludwig : Il est difficile de prédire tous les effets susceptibles de modifier le fonctionnement des organisations. On peut cependant observer des tentatives réussies d'organisations sans hiérarchies (on y applique le principe de l'auto-organisation), de complexification des systèmes de gestion, d'approches par les processus plutôt que par les fonctions. Comme le diront de nombreux auteurs, en univers complexes, il faut mettre en place et utiliser des systèmes de pilotage susceptibles d'articuler des logiques différentes et de maîtriser la variété.

La pensée doit se complexifier, les systèmes doivent être beaucoup plus autonomes pour répondre aux incertitudes de l'environnement. Il faut donc beaucoup plus décentraliser, la définition des finalités et la coordination devenant alors essentielles pour assurer la cohérence des actions. L'organisation doit mettre en place les conditions de l'auto-organisation afin que puissent être absorbés les imprévus, les instabilités, les bifurcations imprévisibles. Les techniques traditionnelles de gestion ne seront plus pertinentes dans les nouveaux contextes. Conçues sur les fondements du rationalisme mécaniste, elles ne rendent pas compte de manière adéquate des événements imprévus, de phénomènes imbriqués, de systèmes évolutifs, de comportements autonomes et donnent souvent l'illusion d'un contrôle qui n'est que très imparfait et très incomplet. Les systèmes de contrôle de gestion encore largement diffusés, souvent très centralisés, ne peuvent assurer une variété suffisante pour représenter la variété des systèmes qu'ils sont censés contrôler (principe de la variété requise d'Ashby).

SM : Le dossier a pour titre *back to the future*; que répondriez-vous si je vous disais *forward to the future* ?

Ludwig : Ne réinventons pas le fil à couper le beurre par ignorance des avancées de la science et concentrons nos efforts et réflexions sur les conséquences qui résultent des nouveaux paradigmes sur nos processus de décision et nos modes d'action. C'est un défi de la plus haute importance et qui nous ramène au problème du temps. Si nous n'agissons pas dans le sens d'une approche plus globale des systèmes sociaux et de leurs interactions et si nous n'intégrons pas les nouveaux paradigmes scientifiques, alors nous courons un grand risque: celui de voir nos écosystèmes soumis à des bifurcations et des dis-

continuités dont nous ne pourrions pas maîtriser l'évolution. Nous serons rattrapés par nos décisions inopportunes (l'image du domino de Schwarz).

SM : Si vous deviez nous conseiller quelques lectures afin d'approfondir vos propos que pourriez-vous nous recommander ?

Ludwig : La réponse n'est pas du tout évidente car les contributions sont multiples et les premiers résultats scientifiques ne sont malheureusement pas facilement décodables (chaque science a son jargon, ses concepts, ses méthodes). S'il fallait citer quelques auteurs ayant contribué à l'émergence et à la diffusion des nouveaux concepts, je mentionnerais R.L. Ackoff, E. Morin, H. Atlan, R. Lewin, F. Varela, J.L. Le Moigne, J. de Rosnay et ceux que nous avons évoqués dans cet interview. Il y a aussi ceux qui ont appliqué certains principes aux domaines des organisations, depuis les premières tentatives fondées plutôt sur le modèle cybernétique (J. Mèlèse, C.W. Churchmann), à celles plus récentes qui intègrent les nouveaux paradigmes, (G.J.B. Probst, M. Selvini, D. Genelot, M. Bonami et ses collègues).

SM : Que nous diriez-vous pour conclure ?

Ludwig : Je tenterais de paraphraser les travaux de Prigogine et le titre de son dernier ouvrage, « La fin des certitudes ».

« Si la complexité de certains phénomènes est si difficilement accessible à notre entendement, c'est que notre filtre mental est toujours celui de la mécanique classique, linéaire et certaine. »

D. Genelot in « Manager dans la complexité »

Bibliographie très sommaire :

- R.L. Ackoff: *Redesigning the future*, Wiley, 1974.
L. von Bertalanffy: *Théorie générale des systèmes*, Dunod, 1973.
Ilya Prigogine: *La nouvelle alliance, métamorphose de la science*, Gallimard, 1979.
Ilya Prigogine: *La fin des certitudes*, Odile Jacob, 1996.
M. Bonami et al.: *Management des systèmes complexes*, DeBoeck, 1993.
D. Genelot: *Manager dans la complexité*, INSEP, 1992.
E. Morin: *La méthode*, 3 volumes, Seuil, 1977, 1980, 1986.
H. Simon (Prix Nobel d'économie): *Science des systèmes, sciences de l'artificiel*, Dunod 1990.
S. Beer: *Platform for change*.

BULLETIN HEC N° 59

Edition :

Association des diplômés de l'Ecole des HEC
de l'Université de Lausanne

Tél. 021/692 33 86
Fax 021/692 33 85

E-mail: gradues@hec.unil.ch

Adresse internet: <http://inforge.unil.ch/gradues/>

Adresse :

Ecole des hautes études commerciales
Université de Lausanne - BFSH 1
1015 Lausanne-Dorigny

Président :

Christophe Andreae

Comité de rédaction :

Perry Fleury
Pius Bienz
Fabrice Girard
Guy Sommerhalder
Florence de Candia
Anne Headon
Maguy Gillot (resp. réd.)



Responsable des relations publiques
et publicité :

Maguy Gillot

Impression et reliure :

Imprimerie Corbaz S.A., Montreux